

СОВРЕМЕННЫЕ СВЕТОДИОДЫ. НАСКОЛЬКО СВЕТЛОЕ У НИХ БУДУЩЕЕ?

На наших глазах в течение короткого по историческим меркам времени изменяется общественная значимость светодиодных технологий. Совсем недавно (около 20 лет назад) эти приборы применялись лишь в качестве индикаторных элементов, потом на их основе появились большие экраны с пространственным и временным разрешением изображения, соответствующим телевизионному стандарту. С начала этого десятилетия практически в любом бытовом приборе есть, по меньшей мере, один светодиод в виде индикаторной лампочки, свечение которой свидетельствует о функционировании устройства, не говоря уже об индикаторных панелях мобильных телефонов. Сегодня светодиоды становятся важной частью современного дома, заменяя такую привычную вещь, как электрическая лампочка. Это происходит благодаря значительному увеличению силы света светодиодов при уменьшении их тока, улучшению угловых и спектральных характеристик. Высокая световая эффективность и снижение издержек производства сделали светодиоды экономически и технически лучше ламп накаливания. Каковы же основные мировые и отечественные* тенденции в области развития светодиодов?

РЫНОК СВЕТОДИОДОВ И ЕГО СЕГМЕНТЫ

Рынок светодиодов в последние годы рос быстро. По данным Strategies Unlimited, ведущей консалтинговой компании по светодиодам, с 1999 по 2008 год продажи светодиодов увеличились в 6,2 раза — с 820 млн. до 5,1 млрд. долл. [1]. Правда, этот рост происходил неравномерно. Очень быстро (примерно, на 50% в год) рынок увеличивался в 2000, 2002 и 2003 годах. За 2008 год он возрос "всего" на 11%, и уже в четвертом квартале начало ощущаться влияние мирового кризиса. Всего в 2008 году было продано 48 млрд. светодиодов, что на 25% больше чем в 2007-м. Предполагается, что в 2009 году рынок светодиодов сократится на 5%, хотя

*И.Романова. Светодиодная промышленность России. Круглый стол в РОСНАНО. Наст. номер, с.10.

В.Беляев, д.т.н.

еще полгода назад аналитики Strategies Unlimited предсказывали, что в ближайшем пятилетии ежегодные темпы роста рынка превысят 20%. Надо сказать, что рецессия на рынке светодиодов уже наблюдалась в 2001 году, но была успешно преодолена. Ожидается, что рынок начнет расти в 2010 году и в 2013-м достигнет 12,4 млрд. долл. при среднегодовых темпах роста 19,3%.

Имеются и более оптимистичные прогнозы. Так, эксперты консалтинговой компании iSuppli, специализирующейся в области электронных компонентов, считают, что уже в 2009 году продажи светодиодов увеличатся на 2,9% при сокращении мирового объема продаж полупроводниковых устройств на 9,4%. По мнению аналитиков компании, светодиоды формируют один из трех сегментов рынка полупроводниковых приборов, которые не подвергнутся сокращению в результате кризиса. Предполагается, что развитию светодиодного сегмента будет способствовать расширяющееся применение светодиодов для подсветки ЖК-экранов телевизоров.

До последнего времени наибольшим спросом пользовались в основном светодиоды с небольшим рабочим током (около 20 мА). Однако уже несколько лет очень быстро, почти на 50% в год, растет сегмент светодиодов с большой потребляемой мощностью (0,5 Вт и более). Светодиоды высокой яркости (с рабочим током 20 мА и более) различного свечения занимают следующее положение (долю, выражаемую в процентах) на рынке [2]:

Белые InGaN.....	48
Синие и зеленые InGaN.....	28
Желтые, оранжевые и красные AlGaInP.....	17
RGB.....	7

Структура рынка светодиодов по областям применения включает такие сегменты, как системы освещения, мобильные устройства, экраны, автомобильные панели и другие.

Осветительные системы

В 2008 году наибольший рост продаж (39%) пришелся на светодиоды для систем освещения. При этом доля их на рынке составила 9%. В 2009 году этот рост уменьшится до 17%, но доля светодиодных светильников среди других осветительных устройств достигнет 35%.



Применение светодиодов в осветительных системах достаточно часто и подробно освещается в литературе [3]. Поэтому здесь ограничимся лишь некоторыми экономическими показателями, которые будет интересно сравнить с параметрами, предусматриваемыми российскими программами в области светодиодных технологий.

В США важные государственные технологические программы называют стратегическими инициативами. Так было в 1980-е годы – для системы ПРО (Стратегическая оборонная инициатива, или "звездные войны"), в 1990-е – для дисплеев (Стратегическая плоскопанельная инициатива). 8 августа 2005 года министр энергетики США издал указ об "Инициативе по осветительным системам следующего поколения" (Next Generation Lighting Initiative), предусматривающей разработку и производство указанных систем на основе твердотельных устройств. Появление "Инициативы" связано с тем, что совершенствование параметров и снижение стоимости светодиодов привели к тому, что источники света на их основе уже в начале текущего десятилетия превзошли обычные лампы накаливания и люминесцентные лампы (см. таблицу) по основным показателям [4]. Изменение характеристик и стоимости светодиодов описываются законом Хейца (Haïtz) – светодиодным аналогом закона Мура, – согласно которому в течение десятилетия наблюдается двадцатикратное увеличение светового потока при десятикратном уменьшении стоимости одного люмена (рис.1).

Аналогичная программа еще раньше была принята в Японии.

По оценкам Министерства энергетики США, экономия электроэнергии при переходе на светодиодные источники света может составить 167 млрд. киловатт-часов, что эквивалентно 11,8 млрд. долл. К 2025 году прогнозируемая совокупная экономия составит 86,9 млрд. долл., а сэкономленная мощность – 17,2 ГВт, что эквивалентно энергии, вырабатываемой 29 электростанциями мощностью 600 МВт каждая.

Прогноз совершенствования различных источников света

Параметр	Лампа накаливания	Компакт люминесцентная лампа	Люминесцентная лампа	Светодиодные источники			
				2002 г.	2007 г.	2012 г.	2020 г.
Потребляемая мощность, Вт	75	18	40	1	2,7*	6,7	7,5
Световая отдача, лм/Вт	16	60	80	25	75	100–150	150–200
Срок службы, тыс. ч	1	10	20	100	100	100	100
Световой поток, лм	1200	1100	3400	25	200	1000	1500
Стоимость одной лампы, долл.	0,5	12	5	5	4	<5	<3
Стоимость одного люмена, цент/лм	0,04	1,1	0,15	20	2	<0,5	<0,2
Эксплуатационные расходы, цент/кВт·ч	4,7	1,2	0,7	3,5	2	1,5	0,5–1
Индекс цветопередачи	95	90	75	75	80*	>80	>80
Применение на рынке освещения	–	–	–	Системы слабого освещения (до 100–150 люкс)	Замена ламп накаливания	Замена люминесцентных ламп	Любые осветительные системы

Примечание. *Данные, прогнозировавшиеся на 2007 год, были превзойдены, потребляемая мощность составила 5 Вт, а индекс цветопередачи – 90.

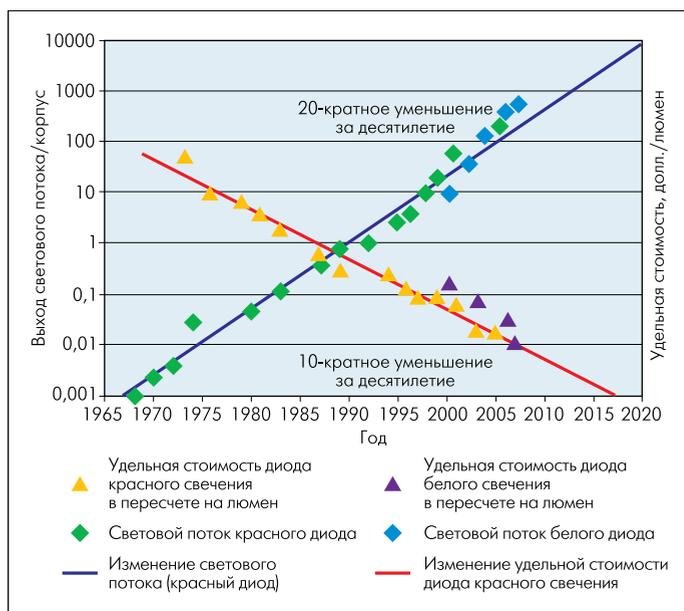


Рис. 1. Динамика изменения светового потока и удельной стоимости светодиодов в пересчете на люмен

Мобильные устройства

Наибольшую долю на рынке (43%) имеют светодиоды для мобильных устройств, продажи которых в 2008 году выросли на 8,3% за счет расширения их применения как в телефонах, так и в смартфонах, MP3-плеерах, ноутбуках, навигаторах, цифровых фото- и видеокамерах. Сейчас ежегодно продается около одного миллиарда сотовых телефонов и 300 млн. различных мобильных устройств с диагональю индикаторной панели до 17 дюймов, в состав которых входит от одного до 30 светодиодов.

Дисплеи

Основная тенденция на рынке светодиодов для дисплеев и ТВ-экранов – замена люминесцентных ламп в системе подсветки ЖК-экранов. Это объясняется тем, что по

таким показателям, как яркость, цветопередача, габариты, потребляемый ток и стоимость, системы подсветки на основе светодиодов превосходят системы на основе люминесцентных ламп. Выигрыш в цене ЖК-телевизора с диагональю экрана 40–41 дюйма (101–106 см) со светодиодной подсветкой, по сравнению с телевизором с подсветкой из люминесцентных ламп, достигает 200–500 долл. К тому же, один светодиод обеспечивает равномерную подсветку меньшего числа пикселей, чем одна лампа. Поэтому применение светодиодной подсветки позволяет создавать эффект локального затемнения (local dimming) и обеспечивать усиление локального контраста, т.е. усиливать или ослаблять яркость отдельных фрагментов изображения. Благодаря этому изображение на ЖК-экране телевизора лучше воспринимается и кажется более информативным.

В результате светодиодные подсветки могут стать одной из движущих сил развития рынка светодиодов. Если в 2008 году объем их отгрузок составил 51 млн. долл., то, по данным компании iSuppli, в нынешнем году их будет выпущено на сумму в 163 млн. долл. (в 3,2 раза больше!), а в 2012 году – на 1,4 млрд. долл., т.е. в девять раз больше, чем в 2009 году.

Сейчас, несмотря на то, что лучшую цветовую гамму обеспечивают RGB-светодиоды, в телевизионных системах подсветки благодаря более низкой цене в основном применяются белые светодиоды. И, по-видимому, их преимущество сохранится, по меньшей мере, до 2010 года.

В ЖК-телевизорах большого размера используется так называемая прямая подсветка (direct-light) с матричным расположением светодиодов за экраном. В панелях меньшего размера предпочтение отдается торцевой (edge) подсветке, при которой один или несколько светодиодов располагаются по торцам световодной пластины, сконструированной так, чтобы обеспечить равномерное освещение ЖК-экрана с минимальными цветовыми искажениями.

Масштабы применения светодиодов в системах подсветки ЖК-панелей иллюстрируются данными по их применению в ноутбуках, рассмотренными американской консалтинговой компанией DisplaySearch [5]. Благодаря снижению стоимости и выпуску новых моделей за последний квартал 2008 года поставки панелей для ноутбуков со светодиодной подсветкой выросли на 62%, достигнув 3,7 млн. штук. При этом в 2008 году доля ноутбуков со светодиодной подсветкой в общем объеме поставок этих компьютеров увеличилась с 6,3% в третьем квартале до 13,4% в четвертом квартале. В первом квартале 2009 года эта доля, согласно прогнозам, возрастет до 24,1%, а к концу года ноутбуки со светодиодной подсветкой должны занять доминирующее положение на рынке этих устройств.

В четвертом квартале 2008 года доля (в %) поставщиков панелей со светодиодной подсветкой для ноутбуков была следующей:

LG Display.....	38,3
Samsung.....	19,2
TMDisplay.....	16,4
AU Optronics (AUO).....	12,9
Chi Mei Optoelectronics (CMO).....	11,8
Hydis.....	1,4

Основные производители ноутбуков, в том числе компании Hewlett-Packard, Dell и Acer планируют выпустить новые модели ноутбуков с экранами со светодиодной подсветкой со следующими размерами и разрешением: 12,1 дюйма и 1280×800 пикселей; 13,3 дюйма и 1280×800 пикселей, 15,4 дюйма и 1280×800 или 1440×900 пикселей, соответственно. Этот тип подсветки будет использован и в новых панелях с отношением горизонтального и вертикального размеров 16:9.

Среди других дисплейных приложений светодиодов надо отметить проекционные системы, где светодиоды благодаря высокой яркости, компактности и дешевизне могут найти применение в качестве источников света. Правда, пока в таких системах они практически не используются из-за изменения их яркостных и цветовых характеристик при повышении температуры. Потенциальными конкурентами светодиодов для таких систем могут стать новые компактные люминесцентные лампы с расширенным цветовым охватом.

Информационно-рекламные экраны и устройства

Сейчас на улицах многих городов установлены большие светодиодные информационно-рекламные экраны. Доля светодиодных информационных панелей и символов в 2008 году составила 17%. Недостаток таких систем – смещение цветности из-за разной степени деградации светодиодов различного цвета при старении. Это смещение тем заметнее, чем хуже теплоотвод от светодиода. В наружных светодиодных экранах проблема обеспечения эффективного охлаждения решается естественным путем. Расширяется и применение светодиодных панелей в аэропортах, на вокзалах и других транспортных терминалах.

Особое общественное значение имеют мобильные установки с большими светодиодными экранами. В США уже не первая президентская компания и инаугурация президента сопровождаются показом событий на таких экранах. Размер экрана самой большой передвижной установки компании Daktronics составляет 5,8×10 м.

В Великобритании компания ICA Network Solutions устанавливает цилиндрические рекламные тумбы iCan высотой 75 см и диаметром 31 см. Внутри цилиндра находятся 240 трехцветных светодиодов, которые, вращаясь с определенной скоростью, формируют на поверхности цилиндров полноцветное изображение размером 30×50 см с разрешением 640×480 пикселей. Изображение произвольного формата (включая MPEG, SWF, JPEG, GIF и TIFF) передается от персонального компьютера по беспроводному широкополосному интернет-каналу.

Конкуренты светодиодной технологии – большие ЖК- и плазменные панели, а также проекционные устройства, раз-



мер и разрешающая способность которых увеличиваются, а стоимость снижается. Так, на Международной потребительской выставке электроники (Consumer Electronics Show – CES), состоявшейся в Лас-Вегасе в этом году, компания Panasonic продемонстрировала плазменный "бегемот" – 150-дюймовый (диагональ 3,3 м) телевизор с разрешением плазменного экрана 2000×4000 пикселей (Life Screen – живой экран).

В будущем возможно также появление информационных панелей высокого разрешения на основе одной из технологий органических светодиодов, или электронной бумаги, которые обещают быть одними из самых дешевых.

Автомобильные системы

Светодиоды довольно давно применяются в приборных панелях автомобилей. На станциях техобслуживания автомобилей стали широко использоваться системы освещения окружающей автомобиль среды, позволяющие улучшить распределение освещения, сконцентрировать его на требуемом участке, избавиться от "цветовых шумов", вызываемых несовершенством обычных устройств освещения и их оптических приспособлений. В современных моделях автомобилей расширяется применение светильников салона, в том числе и с белыми светодиодами. На долю светодиодов для автомобильных систем в 2008 году приходилось 15% рынка этих приборов. При этом системы дополнительных стоп-сигнальных огней на светодиодах занимают почти половину автомобильного сегмента рынка светодиодов, а системы основных стоп-сигнальных огней и указателей поворота – 10%. Многие ведущие автомобильные компании устанавливают фары ближнего и дальнего освещения на основе мощных белых светодиодов.

Органические светодиоды

Еще один сегмент рынка светодиодов, на котором нынешний кризис не скажется или скажется незначительно, – органические светодиоды (ОСД или OLED). По данным компании DisplaySearch, в 2008 году их было продано на сумму в 591 млн. долл., а к 2015-му объем их производства в стоимостном отношении превысит 6 млрд. долларов [6]. Достоинства органических светодиодов по сравнению с твердотельными – возможность изготавливать их на гибких полимерных пленках и пока более высокая световая эффективность, чем у твердотельных диодов. ОСД считаются одной из самых "зеленых" дисплейных технологий благодаря простой структуре устройства, малому количеству материалов, необходимых для производства, и меньшему энергопотреблению.

По способу управления ОСД разделяются на пассивно- и активноматричные (ПМОСД и АМОСД, или PMOLED и AMOLED, соответственно). Первые применяются в качестве индикаторных лампочек в различных бытовых устройствах и приборах взамен традиционных светодиодов, а вторые – для формирования изображения на экранах телевизоров и мониторов.

И те, и другие конкурируют с ЖКД в соответствующих сегментах рынка, а также могут занять пока свободные ниши гибких и прозрачных дисплеев. Ведутся работы по уменьшению габаритов и массы, а также улучшению форм-фактора (заполнения площади) осветительных систем на основе ОСД. Разработчикам ОСД предлагается обратить внимание и на создание сенсорных панелей на основе этой технологии.

Сейчас производство ПМОСД сократилось: объем их отгрузок уменьшился с 450 млн. долл. в 2006 году до 390 млн. долл. в 2007-м и до 370 млн. долл. в 2008-м. В то же время продажи АМОСД в 2008 году выросли на 110%. Поэтому ожидается, что уже во второй половине 2009 года АМОСД по объему продаж превзойдут пассивноматричные аналоги. Предполагается также, что к 2014 году объем производства осветительных систем на основе ОСД окажется больше объема производства ПМОСД.

Среди других сегментов рынка светодиодов можно отметить сигнальные светодиоды, доля которых в 2008 году составляла всего 1%. На продажи светодиодов для остальных приложений пришлось около 15% рынка.

ОСНОВНЫЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ СВЕТОДИОДОВ

Лидерами на мировом рынке светодиодов являются следующие компании:

- Nichia Chemical, Япония. Специализируется на выпуске кристаллов для создания светодиодов и самих диодов. На основе нитрида индия-галлия (InGaN) компанией впервые разработаны сверхъяркие синие и белые светодиоды;
- Agilent Technologies, США. Специализируется в области разработки сверхъярких светодиодов;
- Lumileds Lighting, США – совместное предприятие компаний Agilent Technologies и Philips Lighting. Специализируется в области разработки и производства сверхъярких светодиодов с повышенным током накачки, светодиодных сборок и модулей очень высокой яркости, например Bagacuda и Luxeon, а также светодиодных элементов и систем подсветки ЖКД;
- Osram Optosemiconductors (немецкая компания с предприятиями в США и Малайзии), бывшее совместное предприятие компаний Osram и Infineon Technologies. Специализируется в области разработки и производства сверхъярких светодиодов.

Среди других важных производителей светодиодов и кристаллов надо отметить такие компании, как Cree, Kingbright Electronics, Litek Electronics, Para Light Electronics, GEL Core, Vishay Semiconductors.

В России светодиоды и устройства на их основе разрабатывают и производят "Корвет-лайтс", "Транс-Лед", ОПТЭЛ, НПЦ ОЭП, "Оптоника" (Москва), "Светлана-Оптоэлектроника" (Санкт-Петербург), "Протон" (Орел). Усилия отечественных производителей, так же как и зарубежных, направлены на увеличение светового потока и световой эффективности диодов. С этой

целью ведущие компании, такие как Lumileds, Nichia Chemical и другие выпускают многокристальные светодиоды в виде микросхемы на подложке (chip-on-board, или CoB). Аналогичные работы ведут и российские фирмы Оптима и Корвет Лайтс. Среди зарубежных достижений наиболее известны разработки компаний Tridonic Atco и Vossloh Optoelectronic, которая достигла плотности 70 кристаллов/см². У российских компаний имеются запатентованные решения на конструкции с теплоотводом, обеспечивающие ток 350 мА при световом потоке до 100 лм.

Интерес представляет и разработка компании "Корвет Лайтс", обеспечивающая равномерность яркости и цвета излучения светодиодов. Согласно предложенной компанией технологии, люминофор наносится на полусферическую полость в прозрачной пластиковой оболочке, сформированной вокруг кристалла.

Высокая концентрация излучения (до 80%) в заданном телесном угле и удовлетворительная световая эффективность (8 лм/Вт) достигнуты в белых светодиодах, изготавливаемых компанией "Светлана-Оптоэлектроника". Одна из последних ее разработок – белые светодиоды с эффективностью 15 лм/Вт при токе 100 мА. Компания также осваивает технологию производства светодиодов, монтируемых методом перевернутого кристалла flip-chip.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОГРАММЫ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОДИОДОВ В РОССИИ

Известно, что явление свечения в полупроводниках под действием тока было впервые открыто в 1922 году сотрудником Нижегородской радиолaborатории (НРЛ) Олегом Владимировичем Лосевым, которому тогда было всего 19 лет [7–9]. Почти через сорок лет в Физическом институте им. П.Н.Лебедева РАН (ФИАН) были изготовлены первые лазерные светодиоды [10]. Еще примерно через 40 лет, в 2000 году, Ж.И.Алферову была присуждена Нобелевская премия за разработку и исследование полупроводниковых гетероструктур, в том числе и излучающих.

С учетом имеющихся традиций и необходимости преодоления отставания от мирового уровня в конце 2008 года и начале 2009-го в России произошли значительные подвижки в деле производства не только светодиодных устройств, но и самих светодиодов и кристаллов для них (чипов).

Программа развития (дорожная карта) светодиодной промышленности и средств освещения
ГК "Роснано" и Высшая школа экономики разработали перспективную программу развития светодиодной промышленности и средств освещения [11]. Цель документа – развитие в России нового направления промышленности, основанного на нанотехнологиях: массового производства светодиодов и светотехнических устройств на их основе.

Согласно программе развития, российский рынок систем

освещения, в который будут внедряться светодиоды и изделия на их основе, поделен на следующие сегменты:

- офисные светильники – 400 млн. долл.;
- промышленное освещение – 167 млн. долл.;
- уличные светильники – 80 млн. долл. (в 2006 году);
- железнодорожные светофоры – 7,9 млн. долл. (в 2011 году);
- дорожные светофоры – 33 млн. долл. (в 2008 году);
- подъездные светильники – 321 млн. долл. (в 2009–2012 году);
- архитектурное освещение – 116 млн. долл. (в 2007 году);
- автомобильные компоненты: общая сумма инвестиций зарубежных автопроизводителей в российские заводы составила ~3,6 млрд. долл., что обеспечит выпуск более 1,2 млн. автомобилей в год. В 70% из них планируется применять комплекующие, содержащие светодиоды. Предполагается, что через несколько лет светодиоды займут значительную часть этого рынка (сейчас их доля составляет всего 3,8%).

Основная цель программы – разработка конкурентоспособных конструкций светодиодов и кристаллов, что потребует повышения квантового выхода за счет применения совершенных материалов подложек и кристаллодержателей с очень малым тепловым сопротивлением. Другими важными направлениями работ, согласно Дорожной карте, являются следующие:

- улучшение теплоотвода за счет применения эффекта Пельтье непосредственно под излучающим кристаллом при больших плотностях тока (до 200 А/см²);
- интеграция кристаллов в одну структуру с параллельным их включением в самой структуре;
- создание широкополосной излучающей полупроводниковой структуры (прежде всего, для белых светодиодов с люминофорами);
- совершенствование конструкции светодиодов. Посадка кристаллов на подложку эвтектического состава;
- развитие матричной конструкции источников излучения для осветительных приборов. Упрощение оптических компонентов;
- достижение значений светового потока 120 лм с 16-кристальной матрицы белого цвета размером 50×50 мм на кристаллах размером 250×250 мкм;
- увеличение светового потока кристаллов размером 1×1 мм в три раза – до 300 лм.

Совместная компания по производству светотехники нового поколения с участием российской науки, Роснано и частного бизнеса
3 декабря 2008 года президентом ООО "Группа ОНЭКСИМ" Михаилом Прохоровым, генеральным директором Уральско-го оптико-механического завода им. Э.С.Яламова Сергеем Максимым и генеральным директором РОСНАНО Анатолием Чубайсом были подписаны учредительные документы по созданию совместной компании по производству светотехники нового поколения [12]. Экспертиза проекта была выпол-



нена корпорацией РОСНАНО, которая подтвердила его высокую инвестиционную привлекательность. В рамках проекта предполагается освоить высокотехнологичное промышленное производство систем освещения нового поколения на основе полупроводниковых кристаллов нитрида галлия GaN. Компания будет производить светодиоды, светодиодные лампы и осветительные системы. Яркость, световая эффективность приборов и систем, соотношение яркость/цена должны соответствовать лучшим мировым аналогам. На рынок будет выпущено более 40 видов энергосберегающей, эргономичной и востребованной в различных секторах экономики светотехнической продукции: светильники, светофоры, системы освещения, автомобильная светотехника и др. По мнению директора информационно-аналитического департамента ИК "Энергокапитал" Дениса Демина, производитель сможет ориентироваться на внутренний рынок, поскольку выход на внешние рынки электротехники сопряжен с решением широкого круга вопросов сертификации, совместимости, маркетинга.

Сначала предполагалось вести разработку в Кремниевой Долине в Калифорнии, но по известным причинам у американских венчурных компаний не оказалось ресурсов для запуска проекта. Поэтому решено освоить промышленное производство гетероструктур в Санкт-Петербурге на территории особой экономической зоны технико-внедренческого типа. Такое решение отчасти связано с тем, что в Санкт-Петербурге находится Физико-технический институт (ФТИ) РАН – ведущая российская научная организация по исследованию и разработке люминесцентных материалов и полупроводниковых гетероструктур, а также завод "Светлана". Кроме того, выбор обусловлен географическим положением Санкт-Петербурга и наличием развитой транспортной инфраструктуры, позволяющей экспортировать продукцию в Европу. В январе 2009 года началось проектирование предприятия, а в середине 2010 года должно быть запущено производство, рассчитанное на трудоустройство 500 человек.

Новая технология разработана выпускниками Санкт-Петербургского государственного электротехнического института (ЛЭТИ) кандидатами физико-математических наук Максимом Одноблюдовым и Владиславом Бугровым, которые в 2004 году основали немецко-финскую компанию "ОптоГaN" (ГaN – это не ружье, а Gallium Nitride, т.е. нитрид галлия – один из основных материалов современной электроники). Разработанная ими технология обеспечивает рекордно низкую плотность дефектов полупроводниковых слоев, благодаря чему светодиоды могут функционировать без потери эффективности при высоких плотностях тока. Ожидается, что в ближайшие четыре года световая эффективность таких светодиодов вырастет вдвое, а световой поток – более чем в пять раз (рис.2). По заявлению главы госкорпорации РОСНАНО Анатолия Чубайса, создаваемые светодиоды будут в семь раз экономичнее обычных све-

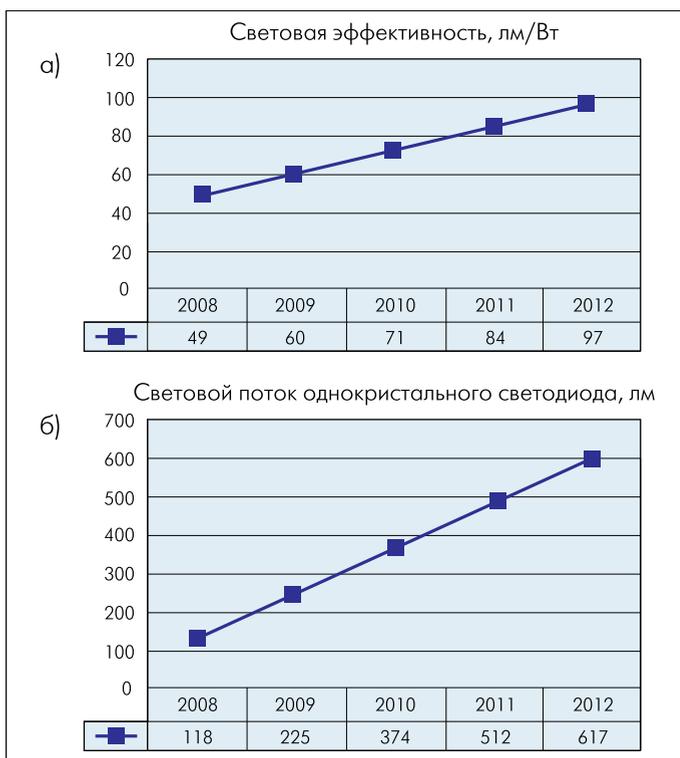


Рис.2. Увеличение световой эффективности (а) и светового потока (б) одиночного светодиода

диодов и в пять раз долговечнее. В прошлом году группа ОНЭКСИМ приобрела компанию "ОптоГaN".

Комплекс по производству светодиодных кристаллов, ламп и светотехники, будет создан на базе светотехнического подразделения ФГУП "ПО "Уральский оптико-механический завод" (УОМЗ) в Екатеринбурге. Выбор УОМЗ обусловлен тем, что предприятие является крупнейшим в России производителем, выпускающим изделия с использованием светодиодов. Оно производит подъездные и уличные светильники разных модификаций, а также встраиваемые офисные светильники и светодиодные светофоры. Предполагается, что в новом производстве будут заняты 400–500 человек.

Общий объем инвестиций в проект составит 3,351 млрд. руб., из них объем инвестиций РОСНАНО – 1,776 млрд. руб., в том числе 323 млн. руб. – в форме вноса в уставный капитал и 1,453 млрд. руб. – в форме займа. Доля РОСНАНО в создаваемой компании составит 17%, доля УОМЗ – 33% + 1 акция, доля Группы ОНЭКСИМ совместно с разработчиками 50% + 1 акция. Ожидаемый объем выручки компании в 2013 году должен составить около 6 млрд. рублей.

Комплексная программа "Внедрение светодиодной техники в ОАО "РЖД" в 2009–2011 годы"

Одним из крупнейших потребителей светодиодов в России становятся железные дороги. Департаментом технической политики ОАО "Российские железные дороги (РЖД)" и отраслевыми институтами при сотрудничестве с

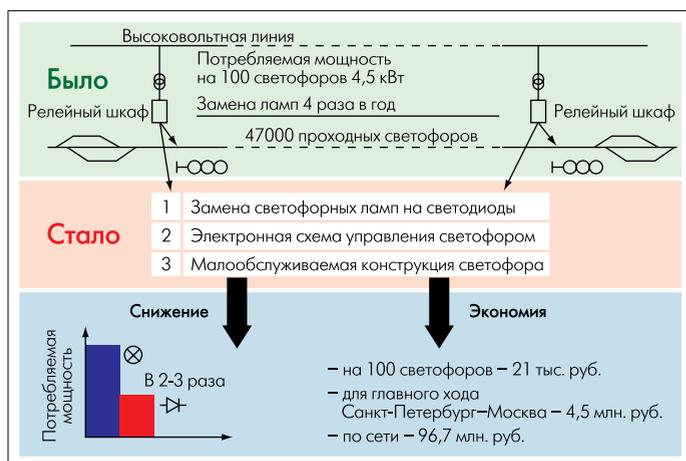


Рис.3. Схема экономии электроэнергии и средств при замене источников света в светофорах нового поколения

другими заинтересованными организациями разработана комплексная программа "Внедрение светодиодной техники в ОАО "РЖД" в 2009–2011 годы" [13]. Программа предусматривает развитие средств электроосвещения, внедрение светодиодных систем сигнализации и светодиодных источников освещения подвижных составов.

Одна из причин разработки такой программы – высокий расход электроэнергии на эксплуатационные нетяговые нужды. В 2007 году на электроосвещение всеми хозяйствами ОАО "РЖД" было затрачено 2,061 млрд. киловатт-часов, что составило около 25% такого расхода. Ожидается, что в результате замены люминесцентных ламп на светодиодные источники света удастся сэкономить до 40% электроэнергии, а при использовании интеллектуальных систем управления – еще 30%. Расход электроэнергии на освещение может быть снижен на 70%. При этом в ценах 2007 года годовая экономия составит 1 млрд. 900 млн. рублей.

В рамках программы также предполагается внедрить на железных дорогах светофоры нового поколения со светооптическими системами. Кроме основной функции, они могут использоваться как оптические информационные каналы для обмена данными между системами управления движением и локомотивом. Схема экономии электроэнергии иллюстрируется рис.3.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://su.pennnet.com>
2. <http://swetodiod.com/art>
3. **Шурыгина В.** Твердотельные осветительные устройства. Прощайте, старые, добрые светильники – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2008, №5.
4. Multi-Year Program Plan FY'09-FY'14 "Solid-State Lighting Research and Development. – Navigant Consulting, Inc. Radcliffe Advisors AndSSLS, Inc. March 2008.

5. http://www.displaysearch.com/cps/rde/xchg/displaysearch/hs.xsl/090301_120hz_panels_accounted_for_31_percent_of_40_inch_and_larger_lcd_tv_panels.asp
6. http://www.displaysearch.com/cps/rde/xchg/displaysearch/hs.xsl/090312_oled_lighting_to_take_off_in_2011.asp
7. **Носов Ю.Р.** Создание светодиодов и лазеров: вклад российских ученых – Вопросы истории естествознания и техники, 2006, №2.
8. **Жирнов В.** Изобретение инженера Лосева – Эксперт, 15 апреля 2002, №15 (322).
9. <http://chernykh.net/content/view/410/617/>
10. **Басов Н.Г., Крохин О.Н., Попов Ю.М.** Получение состояний с отрицательной температурой p-n-переходов вырожденных полупроводников. – ЖЭТФ, 1961, т.40, №6.
11. http://www.rusnanoforum.ru/sadm_files/Presentations/5%20december/Hall%203/nanotechnology%20foresight%20implmetation%20tools/6.%20Viktor%20Ivanov.ppt
12. <http://www.rusnanoforum.ru/cgi-bin/show.pl?option=prs&id=6>
13. <http://www.zdt-magazine.ru/publik/nts/2008/aug08/gapan-pri.htm>